

Publication number: **JP2004039869 (A)**
 Publication date: 2004-02-05
 Inventor(s): FUKUI HIROSHI; KOYAMA NAOKI; OTOMO MOICHI; KIMURA WATARU ±
 Applicant(s): HITACHI LTD ±
 Classification:
 - international: G01R33/09; G11B5/39; H01F10/12; H01F10/32; H01L43/08; G01R33/06; G11B5/39; H01F10/00; H01F10/12; H01L43/08; (IPC1-7); G01R33/09; G11B5/39; H01F10/12; H01F10/32; H01L43/08
 - European:
 Application number: **JP20020195073 20020703**
 Priority number(s): **JP20020195073 20020703**

[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of **JP 2004039869 (A)**

[Translate this text](#)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic reluctance sensor having a GMR structure wherein narrow track width and high sensitivity are realized. ; **SOLUTION:** In a magnetoresistive element, two free layers composed of ferromagnetic material are arranged which are isolated by a thin film composed of non-magnetic material, the free layers have axes of easy magnetization of the same direction, a bias mechanism is installed wherein a prescribed magnetic field is applied from a direction perpendicularly intersecting the axes of easy magnetization and an angle of magnetization of the two free layers is controlled, and a means is installed wherein a current is made to flow to the multilayer film constituted of the ferromagnetic layer and the non-magnetic layer and change of magnetic reluctance is detected. In the magnetic reluctance element, a magnetic domain control layer composed of antiferromagnetic material is arranged on one of the free layer via the non-magnetic layer, and magnetizing direction of the free layer is aligned to a track widthwise direction. The other free layer is made a lamination ferri-configuration, and a magnetic domain control layer composed of antiferromagnetic material is arranged via the non-magnetic layer, similarly. Side shields are arranged on both sides of a track. ; **COPYRIGHT:** (C)2004,JPO

品名	単位	数量	金額	備考
107	1000円	1000	1000	
108	1000円	1000	1000	
109	1000円	1000	1000	
110	1000円	1000	1000	
111	1000円	1000	1000	
112	1000円	1000	1000	
113	1000円	1000	1000	
114	1000円	1000	1000	
115	1000円	1000	1000	
116	1000円	1000	1000	
117	1000円	1000	1000	
118	1000円	1000	1000	
119	1000円	1000	1000	
120	1000円	1000	1000	
121	1000円	1000	1000	
122	1000円	1000	1000	
123	1000円	1000	1000	
124	1000円	1000	1000	
125	1000円	1000	1000	
126	1000円	1000	1000	
127	1000円	1000	1000	
128	1000円	1000	1000	
129	1000円	1000	1000	
130	1000円	1000	1000	
131	1000円	1000	1000	
132	1000円	1000	1000	
133	1000円	1000	1000	
134	1000円	1000	1000	
135	1000円	1000	1000	
136	1000円	1000	1000	
137	1000円	1000	1000	
138	1000円	1000	1000	
139	1000円	1000	1000	
140	1000円	1000	1000	
141	1000円	1000	1000	
142	1000円	1000	1000	
143	1000円	1000	1000	
144	1000円	1000	1000	
145	1000円	1000	1000	
146	1000円	1000	1000	
147	1000円	1000	1000	
148	1000円	1000	1000	
149	1000円	1000	1000	
150	1000円	1000	1000	
151	1000円	1000	1000	
152	1000円	1000	1000	
153	1000円	1000	1000	
154	1000円	1000	1000	
155	1000円	1000	1000	
156	1000円	1000	1000	
157	1000円	1000	1000	
158	1000円	1000	1000	
159	1000円	1000	1000	
160	1000円	1000	1000	
161	1000円	1000	1000	
162	1000円	1000	1000	
163	1000円	1000	1000	
164	1000円	1000	1000	
165	1000円	1000	1000	
166	1000円	1000	1000	
167	1000円	1000	1000	
168	1000円	1000	1000	
169	1000円	1000	1000	
170	1000円	1000	1000	
171	1000円	1000	1000	
172	1000円	1000	1000	
173	1000円	1000	1000	
174	1000円	1000	1000	
175	1000円	1000	1000	
176	1000円	1000	1000	
177	1000円	1000	1000	
178	1000円	1000	1000	
179	1000円	1000	1000	
180	1000円	1000	1000	
181	1000円	1000	1000	
182	1000円	1000	1000	
183	1000円	1000	1000	
184	1000円	1000	1000	
185	1000円	1000	1000	
186	1000円	1000	1000	
187	1000円	1000	1000	
188	1000円	1000	1000	
189	1000円	1000	1000	
190	1000円	1000	1000	
191	1000円	1000	1000	
192	1000円	1000	1000	
193	1000円	1000	1000	
194	1000円	1000	1000	
195	1000円	1000	1000	
196	1000円	1000	1000	
197	1000円	1000	1000	
198	1000円	1000	1000	
199	1000円	1000	1000	
200	1000円	1000	1000	

Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

特開2004-39869
(P2004-39869A)

(43) 公開日 平成16年2月5日 (2004. 2. 5)

(51) Int. Cl. ⁷ H01L 43/08 G01R 33/09 G11B 5/39 H01F 10/12 H01F 10/32	F I H01L 43/08 G11B 5/39 H01F 10/12 H01F 10/32 G01R 33/06	Z 2G017 5D034 5E049 R	テーマコード (参考) 2G017 5D034 5E049
審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 11 頁)			
(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2002-195073 (P2002-195073) 平成14年7月3日 (2002. 7. 3)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
		(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
		(74) 代理人	100086656 弁理士 田中 恭助
		(74) 代理人	100094352 弁理士 佐々木 孝
		(72) 発明者	福井 宏 神奈川県小田原市国府津2880番地 株
		(72) 発明者	小山 直樹 神奈川県小田原市国府津2880番地 株
		株式会社日立製作所ストレージ事業部内 最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗センサ、磁気ヘッド、ならびに磁気記録装置

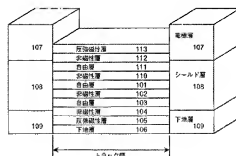
(57) 【要約】

【課題】狭トラック幅、かつ、高感度を実現するGMR構造を備えた磁気抵抗センサを提供する。

【解決手段】非磁性材料の薄膜によって隔てられた強磁性体材料の2層の自由層を有し、それら自由層は同方向の磁化容易軸を有し、その磁化容易軸方向と直向する方向から所定の磁界を印加して、2層の自由層の磁化の角度を制御するバイアス機構を有し、上記強磁性、非磁性層よりなる多層膜に電流を流し、磁気抵抗変化を検知する手段を有する磁気抵抗素子において、一方の自由層に非磁性層を介して反強磁性材料の磁区制御層を設け、その自由層の磁化方向をトラック幅方向に揃える。また、もう一方の自由層は積層フェリ構成として、同様に非磁性層を介して反強磁性材料の磁区制御層設ける。また、トラック両側にはサイドシールドを設ける。

【選択図】 図1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の非磁性層と、該第1の非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層と、該第1および第2の強磁性自由層の磁化容易軸方向と直交する方向に所定の磁界を印加して、第1および第2の強磁性自由層の磁化の角度を制御する磁界印加制御手段と、上記第1および第2の強磁性自由層と上記第1の非磁性層とよりなる多層膜に電流を流し、磁気抵抗変化を検知する手段とを有する磁気抵抗素子において、前記第1および第2の強磁性自由層の磁化方向をトラック幅方向に揃える磁区制御手段として、前記第1および第2の強磁性自由層の少なくともその一方に隣接して形成された第2の非磁性層を介して設けられた反強磁性材料からなる磁区制御層を有することを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項2】

前記第1の非磁性層の膜厚は、前記第1および第2の強磁性自由層間に反強磁性結合が生ずる厚さであることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項3】

前記第1および第2の強磁性自由層のいずれか一方が第3の非磁性層をはさんだ、第1あるいは第2の強磁性層／第3の非磁性層／第3の強磁性層からなる3層構造であり、該第1あるいは第2と第3の強磁性層が反強磁性結合していることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項4】

前記第1の非磁性層と、該第1の非磁性層によって隔てられた第1および第2の強磁性自由層からなる多層膜の両端部に軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項5】

前記の軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層が軟磁気特性を有する磁性層と第3の非磁性層の積層あるいはその繰り返しよりなる多層膜であることを特徴とする請求項5記載の磁気抵抗センサ。

【請求項6】

前記の軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層に該軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層の磁化方向を揃える機能を有する反強磁性あるいは永久磁石膜が積層されていることを特徴とする請求項4乃至5に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項7】

非磁性層と、該非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層からなる多層膜の両端部に、該多層膜面に平行にセンス電流を流す電極層が配置されていることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項8】

非磁性層と、該非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層からなる前記多層膜の両端部に、軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層と該多層膜面に平行にセンス電流を流す電極層が配置されていることを特徴とする請求項4から6のいずれか1項に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項9】

非磁性層と、該非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層からなる前記多層膜の上下両側に、該多層膜面に垂直にセンス電流を流す電極を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項10】

非磁性層と、該非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層からなる前記多層膜の非磁性層を絶縁層として、トンネル電流の磁界依存性を利用して磁気抵抗変化を検知する手段を有することを特徴とする請求項9の磁気抵抗

センサ。

【請求項11】

前記磁界印加手段は、絶縁層を介した導電性の永久磁石膜もしくは高抵抗の永久磁石膜であることを特徴とする請求項1の磁気抵抗センサ。

【請求項12】

前記反強磁性層がP t M n及びI r M nの少なくともいずれかで形成され、前記第2の非磁性層がC u及びR uの少なくともいずれかで形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗センサ。

【請求項13】

請求項1から12のいずれか1項に記載の磁気抵抗センサの上下両側に軟磁気特性を有する磁性材料よりなる磁気シールド膜を備え、該磁気シールド膜の一方に積層して記録ヘッドを形成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項14】

少なくとも一枚の磁気ディスクと、該磁気ディスクを回転させる回転手段と、該磁気ディスクに対向して配置された請求項13記載の磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを制御するための制御手段とを有することを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗センサ、それを搭載した磁気ヘッド、ならびに磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図2に、従来技術のスピナバルブ構造の磁気抵抗センサの基本構成をしめす。この構造は非磁性層2を介して軟磁気特性を持つ自由層1と磁化の方向が固定されている固定層4の積層体である。固定層4には反強磁性層5が積層され、固定層の磁化方向を固定している。また、積層体は所定の幅（トラック幅）に形成され、その両側には自由層1の磁化方向を制御するための永久磁石層（ハード層）15、センス電流を流すための電極層7の積層体が設けられる。

【0003】

本磁気抵抗センサは磁気抵抗効果のひとつである巨大磁気抵抗効果（GMR効果）を検知するセンサである。GMR効果は自由層と固定層の磁化方向の角度差に応じて抵抗が変化する現象である。磁化方向が同方向の角度零で抵抗が最も低くなり、反平行の角度180度で抵抗は最大になる。外部磁界が印加されていない時、その角度が90度になるように固定層の磁化はトラック方向に対して垂直方向に固定される。自由層の磁化方向は上記永久磁石層（ハード膜）からの磁界（ハードバイアス）と膜自体の容易軸異方性により、トラック方向に向く。外部磁界の正負に応じて、磁化方向の角度差は変化する、抵抗が変化する、センス電流により、素子両端の電圧が変化して、磁気抵抗センサとして動作する。

【0004】

高密度化が進み、トラック幅が狭くなると上記構造の出力は急激に低下する。この原因は永久磁石層15の強い磁界のために、磁気センサの感知部のトラック幅の端部には信号磁界に対する感度が低下する不感帯領域が存在するためである。狭トラックで感度を向上するためには従来のハードバイアスとは異なる構造が必要であり、最近、解決のためのいくつかの構造が提案されている。

【0005】

図3はハードバイアスに替わる交換結合型磁区制御構造の典型的な例である。自由層1の両端上部に反強磁性層16を積層し、反強磁性下の自由層1の磁化を交換結合磁界によって、トラック幅方向に固定する。また、反強磁性層に積層して、電極層7が設けられる。この場合、自由層の両端には図2のようなバイアスによる不感帯はなく、トラックの端部も感度が高くなるため、狭トラックでも高感度になる。学会誌（IEEE、2001年4月号p p 1723）には、図3の交換結合型の磁区制御構造は図2の従来構造に比較して

、約2倍の出力が期待できることが、計算により示されている。

【0006】

図4には交換結合型の磁区制御構造の別な例を示した。これは2001年の8月にIEEE E学会主催で開催されたTMRCのダイジェスト(DIGEST OF THE MAGNETIC RECORDING CONFERENCE 2001 A3 IEEE MAGNETIC SOCIETY)に開示されている例である。この構造では非磁性層2を介して2層の自由層1、3が設けられている。図3の構造と異なり、固定層はなく、代わりに外部磁界により、磁化が自由に動作できる2つの自由層1、3が設けられている。自由層の磁化方向は互いに反平行を向くように設定されている。トラック方向に垂直にバイアス磁界を印加し、外部磁界がない時、自由層1と自由層3の磁化の角度はトラック方向に対して正負45度、角度差で90度となる。図3の構造と同様に、トラックの両端部に不感帯領域はなく、外部磁界で磁化の角度は変化し、高い出力がえられることが、計算により示されている。以下このGMR構造を2層自由層構造とよぶことにする。

【0007】

しかし、これら図3、4の交換結合型では反強磁性層下に自由層が存在するため、トラック端からの磁界の進入を防止することはむずかしい。このため、読みにじみがおおくなり、磁氣的に狭いトラック幅を実現するにはさらに狭い光学トラック幅を必要とする。この読みにじみのため、これら交換結合型も狭トラックには適していない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述のごとく、狭トラックで高感度を実現するためにはハードバイアス磁区制御構造で発生するトラック両端部の不感帯領域を低減する必要がある。しかし、不感帯領域のない交換結合型磁区制御構造では高感度は実現できるが、読みにじみが発生するため、磁氣的に狭いトラック幅を得ることが難しくなる。ハードバイアス構造に比較して、光学的に狭いトラック幅で形成しないと、磁氣的に同等なトラック幅を実現できない。一方、ハードバイアス構造では光学的には交換結合型より広いトラック幅で、磁氣的に同等のトラック幅を実現できるが、上述したようにトラック幅が狭くなると必要感度を実現できなくなる。

【0009】

狭トラック化が進むに応じて、出力を維持しながら、読みにじみを低減しなければならぬ。上記のように、この課題は現状の構造では容易に実現できない。計算によると、トラック幅が0.3μm以下の領域では、磁氣的なトラック幅は光学的に短縮した幅の約半分しか短縮できない。また、浮上量、シールド間隔の短縮によって縮められるが、その量はわずかである。以上述べてきたように、ハードバイアス構造は狭トラックでは高感度を実現することがむずかしく、交換結合型は読みにじみが多く磁氣的に狭いトラックのヘッドを実現するには適していない。

【0010】

一方、磁区制御層を従来のように、感知部のトラック両端に配置するのではなく、自由層に非磁性層を介して、反強磁性層を積層し、一方向異方性を付与して、自由層の磁化方向をトラック幅方向に揃え、磁区制御する方法の提案もある。この方式を感知部磁区制御と呼ぶことにする。感知部磁区制御方式は必ずしも新規な考え方ではなく、スピナバルブ構造についての試行例が上記TMRCのダイジェスト(DIGEST OF THE MAGNETIC RECORDING CONFERENCE 2001 A6 IEEE MAGNETIC SOCIETY)に開示されている。しかしながらスピナバルブでは固定層の磁化を固定するためにすでに反強磁性層が用いられ、かつ、磁区制御に用いられる反強磁性層と固定層に用いられる反強磁性層は磁化を固定する方向を直交しなければならぬ。このため、ブロッキング温度 T_b の異なる2種類の反強磁性材料を必要とし、 T_b の高い方から順に磁化方向を固定することになる。この場合、 T_b の低い材料の磁化固定は温度特性がわるくなる。したがって、感知部磁区制御方式をスピナバルブ構造に適用する場合、実用上の問題が発生する。

【0011】

本発明の目的は、上記の問題を解決し、不感帯領域と読みにじみがない、高感度で、磁氣的に狭トラックが実現できる高線密度再生に適した実用的磁気抵抗センサ、および該磁気抵抗センサに記録ヘッドを積層した磁気ヘッド、並びに該磁気ヘッドを搭載した磁気記録装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、第1の非磁性層と、該第1の非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層と、該第1および第2の強磁性自由層の磁化容易軸方向と直交する方向に所定の磁界を印加して、第1および第2の強磁性自由層の磁化の角度を制御する磁界印加制御手段と、上記第1および第2の強磁性自由層と上記第1の非磁性層とよりなる多層膜に電流を流し、磁気抵抗変化を検知する手段を有する磁気抵抗素子において、前記第1および第2の強磁性自由層の磁化方向をトラック幅方向に揃える磁区制御手段として第1および第2の強磁性自由層のすくなくともその一方に隣接して形成された第2の非磁性層を介して反強磁性材料からなる磁区制御層を設けるようにした。

【0013】

また、前記第1の非磁性層の膜厚は、前記第1および第2の強磁性自由層間に反強磁性結合が生ずる厚さであるようにした。

【0014】

さらに、前記第1および第2の強磁性自由層のいずれか一方が第3の非磁性層をはさんだ、3層構造とし、該強磁性層が反強磁性結合するようにした。

【0015】

さらにまた、前記第1の非磁性層と、該第1の非磁性層によって隔てられた第1および第2の強磁性自由層からなる多層膜の両端部に軟磁気特性を有する強磁性材料からなるシールド層を配置するようにした。

【0016】

また、前記シールド層に該シールド層の磁化方向を揃える機能を有する反強磁性あるいは永久磁石膜が積層されているようにした。

【0017】

さらに、第1の非磁性層と、該非磁性層によって隔てられ、同方向の磁化容易軸を有する第1および第2の強磁性自由層からなる多層膜の両端部に、該多層膜面に平行あるいは垂直にセンス電流を流す電極層を配置するようにした。

【0018】

さらにまた、第1の非磁性層を絶縁層として、トンネル電流の磁界依存性を利用して磁気抵抗変化を検知する手段を有するようにした。

【0019】

また、前記磁界印加手段は、絶縁層を介した導電性の永久磁石膜、もしくは高抵抗の永久磁石膜であるようにした。

【0020】

さらに、前記反強磁性層が PtMn および IrMn の少なくともいずれかで形成され、前記非磁性層が Cu および Ru の少なくともいずれかで形成されているようにした。

【0021】

また、上記の磁気抵抗センサにおいて、該センサの上下両側に軟磁気特性を有する磁性材料よりなる磁気シールド膜を備え、該磁気シールド膜に記録ヘッドを積層するようにした。

【0022】

さらにまた、磁気ディスク装置において、少なくとも一枚の磁気ディスクと、該磁気ディスクを回転させる回転手段と、該磁気ディスクにデータの書き込みと読み取りのできる上記のヘッドのいずれかと、該磁気ヘッドを制御する制御手段を有するようにした。

【0023】

【発明の実施の形態】

図5に、本発明の磁気抵抗センサの基本構成をしめす。感知部の膜構成は下地層106、反強磁性層105、第2の非磁性層104、第2の強磁性自由層103、第1の非磁性層102、第1の強磁性自由層101、キャップ層100が順に積層されている。積層膜は所定の幅（トラック幅）に形成され、その両端には電極層107が配置されている。この例では下地層106はTa（膜厚2nm）/NiFeCr（5nm）で形成し、反強磁性膜105はPtMn（膜厚12nm）である。第2の非磁性層104はCu（膜厚0.2nm）で、第2の強磁性自由層103はNiFe（膜厚2nm）/CoFe（膜厚0.5nm）の2層膜である。さらに、第1の非磁性層102はCu（膜厚2nm）で、その上の第1の強磁性自由層101はCoFe（膜厚0.5nm）/NiFe（膜厚2nm）、キャップ層100はTa（膜厚3nm）である。以下、この構成を積層順にTa2nm/NiFeCr5nm/PtMn12nm/Cu0.2nm/NiFe2nm/CoFe0.5nm/Cu2nm/CoFe0.5nm/NiFe2nm/Ta3nmと表す。電極層107はTaである。また、感知部の後部には図7に示すような永久磁石（ハード）膜（図7は図5を90度回転してみた断面図）が配置され、図中に示すバイアス磁界がトラック幅と直交する方向に印加されている。

【0024】

次に、この磁気抵抗センサの動作を説明する。第2の強磁性自由層103の磁化方向は反強磁性層105により所定の方向に向けられる。これは反強磁性膜によって、一軸異方性が付与されるためである。第2の強磁性自由層103はトラック幅の両端で静磁気的結合されるため、第1の強磁性自由層101と反対方向に磁化は向く。この時、後端より所定のバイアス磁界を印加して、両層の磁化角度差を90度に設定する。媒体の磁界がバイアス磁界と同方向の時は、両層の角度差は小さくなり、それに対応して感知部の抵抗は小さくなる。逆に、媒体磁界の方向がバイアス磁界と逆の場合は両層の角度差は大きくなり、感知部の抵抗は大きくなる。トラック両端の電極より、センス電流を通電して、電圧変化を得る。

【0025】

ここで、重要な点は第1の強磁性自由層101と第2の強磁性自由層103の磁化方向が、バイアス磁界等の状態で反平行を向いていることである。上述したように、トラック両端での静磁気的結合により、反平行になるが、さらに、これを確実にする方法がある。第1の方法は自由層間の結合を反強磁性結合にすることである。これを実現するためには自由層間を隔てている非磁性層Cuの厚さを選ぶことである。下地の平坦性が必要であるが、Cu厚さ2nm前後に選べると約10°Oeの反強磁性結合を得ることができる。第2の方法は自由層の両側に反強磁性層を設ける方法である。この方法は図8で後述する。

【0026】

図6はトラック両端にシールド層108、すなわちサイドシールド層を設けた構造である。上述したように、従来のハードバイアス磁区制御構造ではトラック端部にはハード膜を必要とするため、基本的にサイドシールドを設けられないが、磁区制御はすでに感知部のなかに設けられているため、トラック端部に軟磁性層を設けることができる。シールド層を置くと読みにじみは大幅に低減される。磁気的なトラック幅と光学的なトラック幅はほぼ同じ値となる。シールドのない構造では光学幅は少なくとも0.05μm程度狭くする必要がある。すでに、トラック幅が0.2μm以下になってきており、0.05μm狭くする必要がないことはプロセスおよび感度において、大きな利点である。磁気的なトラック幅0.1μm以下はサイドシールドなくして、実現できないといえる。

【0027】

サイドシールドについては単層の軟磁性層の構成がもっとも簡単であるが、サイドシールドの磁化回転が感知部に影響するとノイズとなる。この磁気的ノイズを低減するためにはサイドシールドは多層膜が望ましい。多層化によりサイドシールドのトラック端部の正味の磁荷量が零となるようにすることにより、シールドの磁化回転のともなう感知部への影響を大幅に低減できる。また、シールド層に永久磁石（ハード）膜、あるいは反強磁性層

を積層してシールド層の磁化の方向を描えることも、磁気的ノイズ低減の上で効果がある。たとえば2層のシールド層で反強磁性層を積層する場合、下地109、シールド層108、電極層107の順に下からTa3nm/NiFe20nm/Ru/NiFe20nm/Cu/PtMn10nm/TaW20nm/Ta100nmで構成される。Ru層は厚さによりシールド層間で反強磁性結合化も可能である。またCu層はPtMnとNiFeの結合の調整の役割をはたしている。ただし、NiFeが厚いため、結合磁界は大きくならないため、場合によってはなくても良い。さらに、シールド層を2層以上することも当然可能である。また、上層には電極となるTaW/Ta層が積層されている。ここで、重要なことは感知部の自由層の横の位置にシールド層となる軟磁性層がおかれていることである。位置がずれるとサイドシールドの効果は急激に失われる。このため下地109を適切な値に選択する。なお、この構造の形成はこれまでのハードバイアス磁区制御構造の形成と同様なプロセスを用い、膜構成が異なるだけであるから、製造上の問題は無い。

【0028】

また、感知部の後端に設けられる磁界印加制御手段（バイアス機構）は図7に示されるように従来のハードバイアスと類似の構造で構成される。感知部を構成する100から106までの各層で構成されるGMR膜の後端部をミリングで除去し、絶縁のため絶縁層118としてAl2O3を約20nmスパッタし、その上に下地として膜厚5nmのCr膜を含む永久磁石（ハード）膜119（CoCrPt）をスパッタする。永久磁石（ハード）膜の厚さはバイアス磁界の大きさを決めるので、反強磁性層による自由層の異方性の強さにあわせて膜厚を調整する。この永久磁石（ハード）膜はCoCrPt・ZrO2のような高抵抗な永久磁石（ハード）膜に置き換えることも可能である。この場合は、検出電流の分流が小さいのでAl2O3の絶縁層は必要なくなり、プロセスが簡略化される。

【0029】

図1は他の実施形態である。第1の強磁性自由層101は非磁性層を介した積層フェリ自由層に置き換えられる。第1の強磁性自由層101/第3の非磁性層110/第3の強磁性自由層111で構成され、具体例としては第1の強磁性自由層101としてCoFe0.5nm/NiFe3nmの2層構造とし、第3の非磁性層110としてRu0.8nm、第3の強磁性自由層111としてNiFe0.5nmを用い、下から順に示すとCoFe0.5nm/NiFe3nm/Ru0.8nm/NiFe0.5nmとなる。この場合、第1の強磁性自由層101と第3の強磁性自由層111は1000Oeを超える磁界で強固に反強磁性結合する。該積層フェリ磁性層に非磁性層112を介して、反強磁性層113を積層する。ここで、反強磁性層113と105は同じ材料、たとえば、PtMn等を用い、磁界中熱処理を行うと、積層フェリの作用により、第1の非磁性層102を挟んだ第1の強磁性自由層101と第2の強磁性自由層103の磁化方向は反平行となる。この場合は上記、第1の非磁性層102の膜厚を選んで反強磁性結合させる上記第一の方法は必ずしも必要ではない。また、第1の強磁性自由層101と第2の強磁性自由層103のバイアス磁界に対する磁化回転角度の絶対値が同じになるように、積層フェリの正味のBstは第1の強磁性自由層101とほぼ同じ値にえらぶ、また、第2の非磁性層104と112の厚さを選んで、それぞれの自由層に付与する異方性磁界を同等の値に調整することによって、第1の強磁性自由層101と第2の強磁性自由層103は反強磁性層105、113により磁区制御され、安定に動作する。反強磁性層による異方性磁界が大きいほど安定性はよくなるが、あまり強くなりすぎると感度が低下する。この構造ではトラック端部は静磁気的に同等のBstで結合しており、磁区制御で問題となる端部の強い反磁界は発生しないため、1000Oe以下の弱い異方性磁界の付与で十分安定に動作可能であり、高い感度を実現できる。

【0030】

なお、積層フェリを用いなく、第1の強磁性自由層101に非磁性層を介して反強磁性層を設けることで同様な動作を期待できる。しかし、この場合、反強磁性により付与される異方性の方向は第2の強磁性自由層103と反平行にする必要がある。つまり、プロセシング温度の異なる2種類の反強磁性材料を必要とし、実用上、温度特性の良い素子を実

現することが難しくなる。

PtMnのような温度特性の良い反強磁性材料を一種類で形成できるのが、本実施例の特長である。

【0031】

電極を流す端子の取り方で、電流垂直通電型(CPP)構造、トンネル磁気抵抗型(TMR)への展開も可能である。図8はその実施例である。電極層117は感知部の上下部に設けられ、センス電流は膜厚方向に流れる。感知部の両側には薄い絶縁層120が設けられ、その外側にシールド層108を配置する。磁化の動作は図1と同様である。この構造はシールド間がGMR膜厚まで低減でき、より高密度に対応可能なポテンシャルを有している。また、TMRは第1の非磁性層102をA1酸化膜とすることで実現される。

【0032】

磁気ヘッドは、図1に示した磁気抵抗センサを、下部磁気シールド層と下部ギャップ膜からなる基板上に配置し、その上部に上部ギャップ膜と上部シールド層を積層して、再生部が形成される。さらに、非磁性層を介して記録ヘッドが形成され、記録再生機能を備えた複合磁気ヘッドが実現される。

【0033】

本発明の磁気抵抗センサを搭載した磁気記録装置はディスク・ドライブ・モータによって回転するスピンドルに備えつけられた磁気ディスクを有し、磁気ヘッドはボイスコイルモータ、ロータリー・アクチュエーター・アーム、サスペンション、およびスライダを介してディスク面に対して動くように取り付けられ、ディスク上のトラックの磁気データを読み書きする。本発明では不感帯領域と読みにじみがなく、実効的なトラック幅が0.1 μm 以下のヘッドが実現でき、面記録密度100 Gb/in²を越える高密度磁気記録装置を実現することができた。

【0034】

【発明の効果】

本発明によれば、狭トラック化による急激な感度の低下を防ぐことができる。磁区制御は感知部の全面に一様に設けられており、ハードバイアス磁区制御のようなトラック端部の不感帯が存在しないためである。結果として、トラック幅が狭くても、高感度化は実現できる。また、磁区制御をトラック増部に設ける必要がないため、サイドシールドを備える事ができる。この結果、読みにじみは低減され、磁気的な再生倍と光学的な倍は同等となる。線記録密度に対して広い光学幅で対応できるため、結果として高感度化が実現できる。また、必要な反強磁性材料は一種類で、実現でき、温度特性の良い材料で実現できるため、実用的で信頼性の高い磁気ヘッドを得ることができる。したがって、その磁気ヘッドを磁気記録装置に搭載して高記録密度の装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例を示す構成図である。

【図2】従来のハードバイアス磁区制御方式の構成図である。

【図3】従来の交換結合磁界型磁区制御方式の構成図である。

【図4】従来の2層フリー層型の磁気抵抗センサの構成図である。

【図5】本発明の基本構造をしめす構成図である。

【図6】本発明の基本構造にサイドシールド層を設けた構造をしめす構成図である。

【図7】本発明の磁界印加制御手段(バイアス機構)の構成図である。

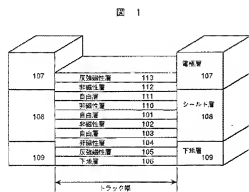
【図8】本発明をCPP構造、TMR構造に応用した構成図である。

【符号の説明】

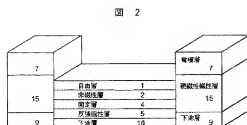
1…自由層、2…非磁性層、3…自由層、4…固定層、5…反強磁性層、6…下地層、7…電極層、9、10…下地層、11、16…反強磁性層、15…永久磁石層、100…ギャップ層、101…第1の強磁性自由層、102…第1の非磁性層、103…第2の強磁性自由層、104…第2の非磁性層、105…反強磁性層、106…下地層、107…電極層、108…シールド層、109…下地、110…第2の非磁性層、111…第3の強磁性自由層、112…非磁性層、113…反強磁性層、114…固定層、115…永久磁

石、116…反強磁性層、117…電極層、118…絶縁層、119…永久磁石膜、120…絶縁層。

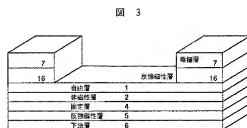
【図1】



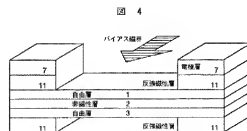
【図2】



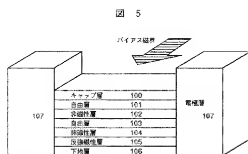
【図3】



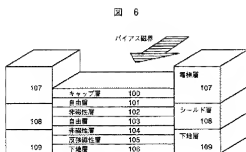
【図4】



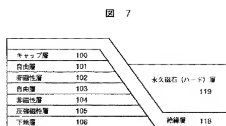
【図5】



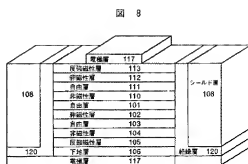
【図6】



【図7】



【図8】



(72)発明者 大友 茂一

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内

(72)発明者 木村 亘

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AD54 AD65

5D034 BA02 BA03 BA05 BA12 BA15 BB08 CA08

5E049 BA06 BA12 BA16 CB02 DB12